

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

013509755 **Image available**
WPI Acc No: 2000-681701/ 200067
XRAM Acc No: C01-004664
XRPX Acc No: N01-012565

Membrane for e.g. solid macromolecular fuel cells, consists of ion exchange resin which is derived from metal-containing monomer, aromatic derivative monomer, carboxylic acid derivative monomer and strong acid group-containing monomer

Patent Assignee: NISSAN MOTOR CO LTD (NSMO)
Number of Countries: 001 Number of Patents: 001
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2000212305	A	20000802	JP 9911705	A	19990120	200067 B

Priority Applications (No Type Date): JP 9911705 A 19990120

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2000212305	A	13	C08J-005/22	

Abstract (Basic): JP 2000212305 A

NOVELTY - The membrane consists of an ion exchange resin in which the principal chain is crosslinked and which is derived from a metal-containing monomer, an aromatic derivative monomer, a carboxylic acid derivative monomer and a strong acid group-containing monomer.

DETAILED DESCRIPTION - An ion exchange membrane consists of an ion exchange resin of formula (1) in which the principal chain is crosslinked. The resin (1) comprises:

- (1) a unit (I) derived from a metal-containing monomer;
 - (2) a unit (II) derived from an aromatic derivative monomer;
 - (3) a unit (III) derived from a carboxylic acid derivative monomer;
- and
- (4) a unit (IV) derived from a strong acid group-containing monomer.

R1=H, aliphatic derivative or aromatic ring derivative;
M=1-4 valent metal;

R2=aliphatic derivative, aromatic ring derivative or a bond;

R3-R5=aliphatic derivative or aromatic ring derivative;

R6=aromatic ring derivative;

R7=aliphatic derivative, aromatic derivative or bond;

R8=H or aliphatic derivative;

R9=aliphatic derivative or aromatic ring derivative having acid site;

R10=aliphatic ring or aromatic ring having three crosslinking groups;

p=1-350;

q=1-500;

x=1-600;

y=1-300;

m=1-200; and

n=10-10000.

An INDEPENDENT CLAIM is also included for the production of a membrane as above which comprises (all in mol ratio):

(a) mixing the monomer (I) (0.4-12) with the monomer (II) (0.2-10), the monomer (III) (0.3-13), the monomer (IV) (0.01-8.5) and a crosslinking agent (0.001-4.0); and

(b) applying a copolymerization reaction to the resulting mixture to obtain an ion exchange resin solution.

USE - The method produces an ion exchange membrane used in solid macromolecular fuel cells, electro-chemical sensors or ion conductive elements for flat panels.

ADVANTAGE - The ion exchange membrane has low electrical resistance loss, thus reducing electrical energy loss. The membrane has a high methanol barrier property and no hydrogen fluoride is evolved.

pp; 13 DwgNo 0/12

Technology Focus:

TECHNOLOGY FOCUS - ORGANIC CHEMISTRY - The production of the ion exchange membrane comprises (all in mol ratio): (a) mixing the monomer (I), 0.4-12, with the monomer (II), 0.2-10, the monomer (III), 0.3-13, the monomer (IV), 0.01-8.5, and a crosslinking agent, 0.001-4.0; (b) applying a copolymerization reaction to the resulting mixture to obtain an ion exchange resin solution.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-212305

(P2000-212305A)

(43) 公開日 平成12年8月2日 (2000.8.2)

(51) IntCl ⁷	識別記号	FI	テマコード (参考)
C08J 5/22	CER	C08J 5/22	4F071
G01N 27/333		H01M 8/02	P 5H026
// H01M 8/02		G01N 27/30	331A

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全13頁)

(21) 出願番号 特願平11-11705

(22) 出願日 平成11年1月20日 (1999.1.20)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 有村 智朗

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外8名)

Fターム (参考) 4F071 AA22X AA32X AA35X AA39X

AA67X AH02 FA01 FA05

FB02 FC01 FD02

5H026 AA06 BB00 BB03 BB04 BB08

BB10 CX05 HH05 HH08

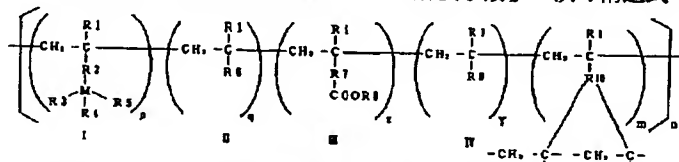
(54) 【発明の名称】 イオン交換膜及びその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 大きいイオン導電性を安定して示す新規な配

向型イオン交換膜及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 次の構造式 (1)

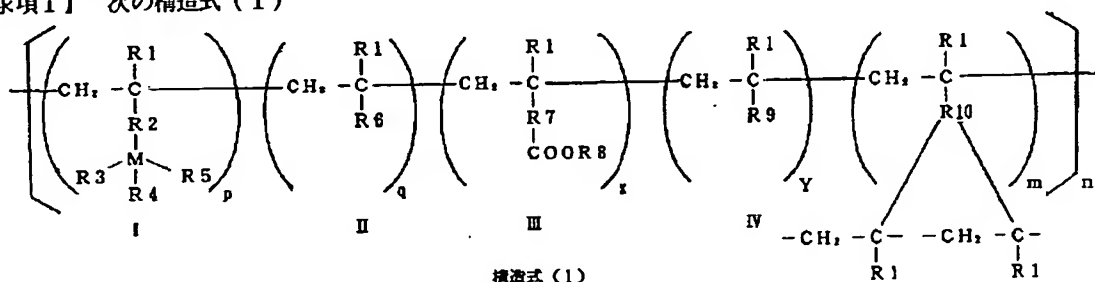


(式中、R1は水素、脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、Mは1~4価の金属、R2は脂肪族誘導体基、芳香族環誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R3~R5は脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、R6は芳香族環誘導体基、R7は脂肪族誘導体基、芳香族環誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R8は水素又は脂肪族誘導体基、R9は酸性部位を有する脂肪族誘導体基

または芳香族環誘導体基、R10は架橋基を3個有している脂肪族環基又は芳香族環基、p=1~350、q=1~500、x=1~600、y=1~300、m=1~200及びn=10~10000を示す)で表される含金属モノマーIと芳香族誘導体モノマーIIとカルボン酸誘導体モノマーIIIと強酸基含有モノマーIVとから成る化学結合主鎖が架橋されたイオン交換樹脂から成る。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 次の構造式(1)



(式中、R1は水素、脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、Mは1～4価の金属、R2は脂肪族誘導体基、芳香族環誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R3～R5は脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、R6は芳香族環誘導体基、R7は脂肪族誘導体基、芳香族環誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R8は水素又は脂肪族誘導体基、R9は酸性部位を有する脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、R10は架橋基を3個有している脂肪族環基又は芳香族環基、 $p=1\sim350$ 、 $q=1\sim500$ 、 $x=1\sim600$ 、 $y=1\sim300$ 、 $m=1\sim200$ 及び $n=10\sim10000$ を示す)で表される含金属モノマーIと芳香族誘導体モノマーIIとカルボン酸誘導体モノマーIIIと強酸基含有モノマーIVとから成る化学結合主鎖が架橋されたイオン交換樹脂から成ることを特徴とするイオン交換膜。

【請求項2】 請求項1記載のイオン交換膜において、Mは4価の金属であり、イオン交換樹脂は、化学結合主鎖間を、架橋基が3個存在する架橋剤を用いて架橋された構造を有することを特徴とするイオン交換膜。

【請求項3】 請求項1又は2記載のイオン交換膜において、R1は水素又は脂肪族誘導体基、Mはけい素、R2は脂肪族誘導体基又は存在しない場合を許容することができ、R7は存在しないかあるいは脂肪族誘導体基、R9がスルホン酸基を有する脂肪族誘導体又は芳香族誘導体基であることを特徴とするイオン交換膜。

【請求項4】 請求項1又は2記載のイオン交換膜において、R1が水素、Mがけい素、R2は存在せず、R3～R5が酸素を含有する炭素数1～10までの脂肪族誘導体基又は炭素数1～12までの脂肪族アルコキシド、R6はスチレン誘導体、R7は存在せず、R8が水素又はアクリル酸誘導体基、R9がアクリルアミトセスルホン酸誘導体基、R10が芳香族ヘテロ環誘導体であることを特徴とするイオン交換膜。

【請求項5】 請求項1～4いずれかの項記載のイオン交換膜において、モノマーIはジメチルエトキシビニルシラン、モノマーIIはスチレン、モノマーIIIはアクリル酸、モノマーIVは2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸から成る共重合主鎖が、架橋剤であるシアヌル酸トリアルルによって架橋されたイオン交換樹脂

脂からなることを特徴とするイオン交換膜。

【請求項6】 請求項1～5いずれかの項記載のイオン交換膜を製造するにあたり、モル比にしてモノマーIが0.4～12に対して、モノマーIIが0.2～10、モノマーIIIが0.3～13、モノマーIVが0.01～8.5、架橋剤が0.001～4.0の範囲で混合して共重合反応を行い、イオン交換樹脂溶液を得る工程を含むことを特徴とするイオン交換膜の製造方法。

【請求項7】 請求項6記載のイオン交換膜の製造方法において、共重合反応における各モノマー仕込み濃度を、溶媒の容量に対する値として、モノマーIが10mg/ml～12g/ml、モノマーIIが1mg/ml～5g/ml、モノマーIIIが6mg/ml～8g/ml、モノマーIVが0.2mg/ml～7g/ml、架橋剤が0.05mg/ml～2g/mlの範囲として共重合反応を行うことを特徴とするイオン交換膜の製造方法。

【請求項8】 請求項6又は7記載のイオン交換膜の製造方法において、モノマーI及びII及び架橋剤から成る疎水性化合物の全重量に対して、0.05～23重量%の疎水性重合開始剤と、モノマーIII及びIVから成る親水性化合物の全重量に対して0.01～18重量%の親水性重合開始剤とから成る疎水・親水混合重合開始剤を添加することを特徴とするイオン交換膜の製造方法。

【請求項9】 請求項6～8いずれかの項記載のイオン交換膜の製造方法において、共重合反応における溶媒として、水1部に対して、非プロトン性溶媒を0.1部～30部までの容積比になるように調製した混合溶媒を用いることを特徴とするイオン交換膜の製造方法。

【請求項10】 請求項1～9いずれかの項記載のイオン交換膜の製造方法において、更に、2センチボイズ～60000センチボイズの粘度に調整したイオン交換樹脂溶液を基材上に流延し、基材上の温度分布における最高温度と最低温度との差が30℃以内で樹脂溶液を乾燥することにより製膜することを特徴とするイオン交換膜の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はイオン交換膜及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、パーフルオロアルキルスルホン酸膜が、固体高分子型燃料電池や電気化学センサーに用いられる高分子固体イオン導伝体として使用されている。かかるパーフルオロスルホン酸膜の構造は、図1に示すようにパーフルオロアルキル主鎖から延びる側鎖の先端にイオン交換基であるスルホン酸基が結合しているものであり、フッ素原子が有する疎水性とスルホン酸基が有する親水性との両作用により、マクロ的には図2に示すように疎水相中に球状の親水相が形成され、親水相同士は連結管によりつながっているクラスター構造を呈している。

【0003】この親水相中のスルホン酸基上を水素イオンが伝導することにより、当該膜は高分子としては比較的大きいイオン伝導性を発現することが可能であり、この性質により、固体高分子型燃料電池や電気化学センサーあるいはフラットパネル用のイオン伝導膜として用いられている。

【0004】しかしながら、パーフルオロスルホン酸膜は、未だ電気抵抗が大きいために、固体高分子型燃料電池等のシステム中に組み込んだ場合の電気エネルギーの損失が大きいたことが問題である。

【0005】また、パーフルオロスルホン酸膜中に含まれるスルホン酸基数の密度をより増大させるために、このパーフルオロスルホン酸膜に、スルホン酸基を有する別種類のイオン交換樹脂を混合することが提案されている。しかし、膜中に混合された別種類のイオン交換樹脂のスルホン酸基等のイオン交換基は、不規則な方向を向いており、またイオン交換基間の距離が大きいためにイオン伝導の速度が遅くなっている。

【0006】さらに、このような方法では、例えば固体高分子型燃料電池等のシステム中で正負電極間におけるイオン伝導膜として用いられた場合、発生する電場の作用により、混合されたイオン交換樹脂が片側の電極側に泳動してしまい、電池により発電を行っている途中での膜のイオン伝導性が低下することが問題となっている。

【0007】また、直接メタノール型燃料電池用のイオン伝導膜として用いた場合、メタノールがアノードからカソード側に浸透してしまい、カソード側での還元反応を妨害するので、発電効率を低下させてしまうという問題もあった。

【0008】

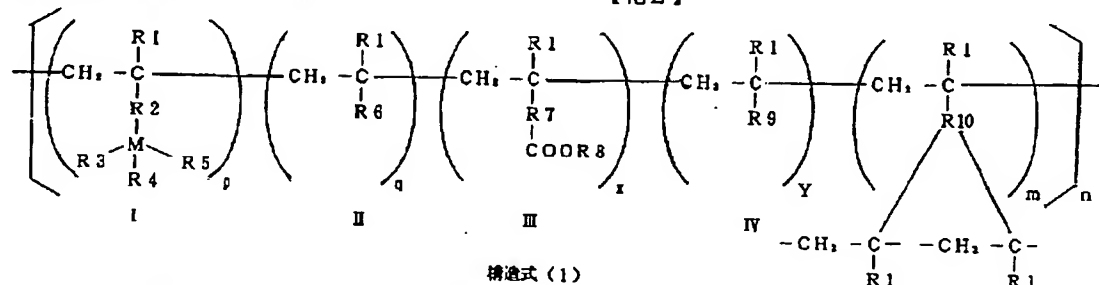
【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記従来の問題点を解決し、大きいイオン導電性を安定して示す新規な配向型イオン交換膜及びその製造方法を提供する。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記課題を解決するため研究した結果、従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜中に他のイオン交換樹脂を混合するのではなく、膜を形成する高分子体の新規な分子設計を行うことによって、イオン交換基相互間の距離が小さく且つイオン交換基自身が配向したマクロ構造を有する新たなイオン伝導高分子を得ることにより、パーフルオロアルキルスルホン酸膜が示すイオン伝導性よりも大きいイオン伝導性を安定して示す配向型イオン交換膜を得ることを見出し、本発明に到達した。

【0010】請求項1記載のイオン交換膜は、次の構造式(1)

【化2】



(式中、R1は水素、脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、Mは1～4個の金属、R2は脂肪族誘導体基、芳香族環誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R3～R5は脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、R6は芳香族環誘導体基、R7は脂肪族誘導体基、芳香族環誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R8は水素又は脂肪族誘導体基、R9は酸性部位を有する脂肪族誘導体基又は芳香族環誘導体基、R10は架橋基を3個有している脂肪族環又は芳香族環基、p=1～350、q=1～500、x=1～600、y=1～300、m=1～200及びn=10～10000を示す)で表される含

金属モノマーIと芳香族誘導体モノマーIIとカルボン酸誘導体モノマーIIIと強酸基含有モノマーIVとから成る化学結合主鎖が架橋されたイオン交換樹脂から成ることを特徴とする。

【0011】請求項2記載のイオン交換膜は、請求項1項記載のイオン交換膜において、Mは4個の金属であり、イオン交換樹脂は、化学結合主鎖間を、架橋基が3個存在する架橋剤を用いて架橋された構造を有することを特徴とする。

【0012】請求項3記載のイオン交換膜は、請求項1又は2記載のイオン交換膜において、R1は水素又は脂

肪族誘導体基、Mはけい素、R2は脂肪族誘導体基又は存在しない場合を許容することができ、R7は存在しないかあるいは脂肪族誘導体基、R9がスルホン酸基を有する脂肪族誘導体又は芳香族誘導体基であることを特徴とする。

【0013】請求項4記載のイオン交換膜は、請求項1又は2記載のイオン交換膜において、モノマーIはジメチルエトキシビニルシラン、モノマーIIはスチレン、モノマーIIIはアクリル酸、モノマーIVは2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸から成る共重合主鎖が、架橋剤であるシアヌル酸トリアリルによって架橋されたイオン交換樹脂からなることを特徴とする。

【0014】請求項5記載のイオン交換膜は、請求項1～4いずれかの項記載のイオン交換膜において、モノマーIはジメチルエトキシビニルシラン、モノマーIIはスチレン、モノマーIIIはアクリル酸、モノマーIVは2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸から成る共重合主鎖が、架橋剤であるシアヌル酸トリアリルによって架橋されたイオン交換樹脂からなることを特徴とする。

【0015】請求項6記載のイオン交換膜の製造方法は、請求項1～5いずれかの項記載のイオン交換膜を製造するにあたり、モル比にしてモノマーIが0.4～1.2に対して、モノマーIIが0.2～1.0、モノマーIIIが0.3～1.3、モノマーIVが0.01～8.5、架橋剤が0.001～4.0の範囲で混合して共重合反応を行い、イオン交換樹脂溶液を得る工程を含むことを特徴とする。

【0016】請求項7記載のイオン交換膜の製造方法は、請求項6記載のイオン交換膜の製造方法において、共重合反応における各モノマー濃度を、溶媒の容量に対

する値（それぞれのモノマー重量（mg）を反応溶媒の総体積（ml）で除した値）として、モノマーIが10mg/ml～12g/ml、モノマーIIが1mg/ml～5g/ml、モノマーIIIが6mg/ml～8g/ml、モノマーIVが0.2mg/ml～7g/ml、架橋剤が0.05mg/ml～2g/mlの範囲として共重合反応を行うことを特徴とする。

【0017】請求項8記載のイオン交換膜の製造方法は、請求項6又は7記載のイオン交換膜に製造方法において、モノマーI及びII及び架橋剤から成る疎水性化合物の全重量に対して、0.05～23重量%の疎水性重合開始剤と、モノマーIII及びIVから成る親水性化合物の全重量に対して0.01～18重量%の親水性重合開始剤とから成る疎水・親水混合重合開始剤を添加することを特徴とする。

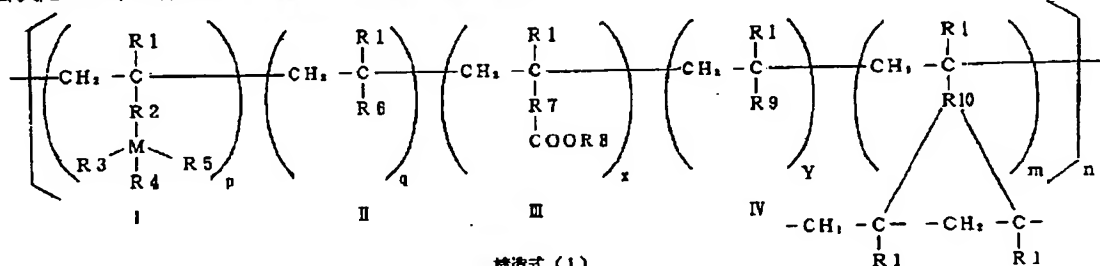
【0018】請求項9記載のイオン交換膜の製造方法は、請求項6～8いずれかの項記載のイオン交換膜の製造方法において、共重合反応における溶媒として、水1部に対して、非プロトン性溶媒を0.1部～30部までの容積比になるように調製した混合溶媒を用いることを特徴とする。

【0019】請求項10記載のイオン交換膜の製造方法は、請求項1～9いずれかの項記載のイオン交換膜の製造方法において、更に、2センチボイズ～6000センチボイズの粘度に調整したイオン交換樹脂溶液を基材上に流延し、基材上の温度分布における最高温度と最低温度との差が30℃以内で樹脂溶液を乾燥することにより製膜することを特徴とする。

【発明の実施の形態】

【0020】本発明のイオン交換膜は、次の構造式(1)

【化3】



構造式(1)

（式中、R1は水素、脂肪族誘導体基又は芳香族誘導体基、Mは1～4価の金属、R2は脂肪族誘導体基、芳香族誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R3～R5は脂肪族誘導体基又は芳香族誘導体基、R6は芳香族誘導体基、R7は脂肪族誘導体基、芳香族誘導体基又は存在しない場合も許容でき、R8は水素又は脂肪族誘導体基、R9は酸性部位を有する脂肪族誘導体基又は芳香族誘導体基、R10は架橋基を3個有している脂肪族誘導体基又は芳香族誘導体基、p=1～350、q=1～500、x=1～600、y=1～300、m=1～

200及びn=10～10000を示す）で表される含金属モノマーIと芳香族誘導体モノマーIIとカルボン酸誘導体モノマーIIIと強酸基含有モノマーIVとから成る化学結合主鎖が架橋されたイオン交換樹脂から成る。

【0021】上記式【化3】のモノマー中、R1は水素、または脂肪族誘導体基、又は芳香族誘導体であり、例えば脂肪族誘導体基としては、メチル基、エチル基、プロピル基、ブチル基、メトキシ基、エトキシ基、プロピオキシ基、ブトキシ基、フルオロ基、クロロ基、ブロム基、ヨード基、アセトアミド基、ヒドロキシ

ル基、ヒドロキシメチル基、ヒドロキシエチル基、メチルチオール基、アミノメチル基、シクロヘキシル基、モルホリニル基、ピペリジニル基、ピロリジニル基、芳香族環誘導体基としては、ベンジル基、ジメチルベンジル基、アセトフェニル基、ピリジニル基、ピラニル基、イミダゾリル基、ベンズイミダゾリル基、インデニル基、トリアゾリル基、チアゾリル基、ナフチル基、チオナフチル基、アントラセニル基、フルオレニル基、カルバゾイル基、イソキノリニル基等を用いることができる。

【0022】モノマーIは、含金属系モノマーであり、疎水性を有している。この疎水性によってメタノールの浸透を防御することができる。モノマーIにおいて、Mは1価から4価の金属であり、好ましくは元素周期表のIVa族に含まれるけい素、ゲルマニウム、すず、鉛等である。R2は脂肪族誘導体基、芳香族環誘導体基又は、存在しない場合も許容できる。R3からR5は、メチル基、エチル基、プロピル基及びブチル基等のアルキル基や、メトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基、ブトキシ基などの脂肪族エーテル基等の脂肪族誘導体基、あるいはフェニル基、メチルフェニル基、ジメチルフェニル基、トリメチルフェニル基などのフェニル基誘導体基やピリジン、フラン、チアゾール等のヘテロ芳香族基等の芳香族環誘導体基を選択することができ、全てが同一でも、また2つが同一で1つが異なっても、全て別々でもよい。このようなモノマーとしてはジメチルエトキシビニルシラン、ビニルトリエチルシラン、ビニルトリメチルシラン、ビニルトリフェニルシラン、ビニルトリス(2-メトキシエトキシ)シラン等が挙げられるが、本発明はこれらに限定されるものではない。モノマーIの重合度pは1~350であり、好適には30~220である。350以上ではイオン交換ポリマーが溶剤に溶解しなくなり、キャスト法が使用できない。

【0023】モノマーIIは、芳香族誘導体モノマーであり、それ自身単独で重合された樹脂を溶剤に溶解させた後に、基材上にキャストして剥離を行うことにより膜を得ることが可能と成る性質を有している。モノマーIIにおいて、R6はフェニル基、メチルフェニル基、ジメチルフェニル基トリメチルフェニル基などのフェニル基誘導体、あるいはピリジン、フラン、チアゾールなどのヘテロ芳香族基、又はナフチル基、チオナフチル基、アントラセン基などの多環系芳香族基等の芳香族環誘導体基を選択できる。このようなモノマーとしては、スチレン、 α -メチルスチレン、2-メチルスチレン、3-メチルスチレン、4-メチルスチレン、ビニルナフタレンなどが挙げられるが、これらに限定されるものではない。モノマーIIの重合度qは1~500であり、好適には60~340である。qが500より大きくなるとイオン交換基の密度が低下するので、膜のイオン伝導性が低下する。

【0024】モノマーIIIは、カルボン酸誘導体モノマ

ーであり、その共重合効果としては、疎水性が大きい含金属系モノマーIと、芳香族系モノマーIIとが形成する疎水領域と、モノマーIVが形成する親水領域との間で相互作用力を発生させ、疎水領域と親水領域とを結合させながら膜形成を可能にするのでイオン交換膜の力学的強度を増大させるとともに、モノマーIIIが有する高い光透過性をイオン交換膜に付与することができる。モノマーIIIにおいて、R7は脂肪族誘導体基、芳香族誘導体基又は存在しない場合も許容でき、また、R8は水素または脂肪族誘導体基であり、脂肪族誘導体基又は芳香族誘導体基は例えばR1と同じものを使用することができる。R8が水素の場合は、弱いイオン交換能を示し、この機能によって、強酸基のイオン交換能を補足する作用を有するので、膜全体のイオン伝導性を向上させる効果がある。モノマーIIIの重合度xは1~600であり、好適には80~480である。xが600よりも大きくなる場合はイオン交換膜の湿潤性が大きいために膨潤が激しく、膜の寸法安定性が低下する。このようなモノマーとしては、アクリル酸、ビニル酢酸、ビニル酪酸、ビニルペンタン酸、ビニルヘキサン酸、ビニルヘプタン酸、ビニルオクタン酸、酪酸ビニル、カプロン酸ビニル、カプリン酸ビニル等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0025】モノマーIVは強酸基を有するモノマーであり、強酸基としてはスルホン酸基などを選択することができ、これらの対イオンは水素イオン、アルカリまたはアルカリ土類等の金属イオンを用いることができる。モノマーIVにおいて、R9は酸性部位を有する脂肪族誘導体基あるいは芳香族環誘導体基である。具体的なビニルモノマーとしては、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、スチレンスルホン酸、ビニルナフチルスルホン酸、ビニルスルホン酸、アリルスルホン酸、メタリルスルホン酸等のスルホン酸基を有する親水性ビニルモノマーを選択することができるが、これらの化合物に限定されるものではない。アクリルアミドスルホン酸はスルホン酸基同士の親水結合に加えて、アミド部分の水素結合による相互作用を有し、非常に強い会合状態を呈するので、膜の強度や寸法安定性の保持に効果があり、特に好ましい。モノマーIVの重合度yは1~300であり、好ましくは40~240である。yが300より大きくなるとイオン交換基の周辺に水分子が凝集することにより膜が膨潤し過ぎる結果、膜の力学的強度が弱くなる。

【0026】架橋剤のR10は環状構造を有しており、架橋基を3個有している。環状部分は脂肪族環あるいは芳香族環のどちらでもよい。このようなものとしては、例えば、ピペリジン環、ジオキサン環、モルホリン環、シクロヘキサン環、ピペラジン環、ピロリン環、ジオキサラン環、ピラゾリジン環、ベンゼン環、トリアジン環、トリスイソシアン酸環、ピリジン環、トリアゾール

環、ナフタレン環、アントラセン環等がある。このような架橋剤は架橋密度を大きくすることができるのでイオン交換膜の力学的強度を高めるばかりでなく、膜の乾燥にも耐性を有するので燃料電池のイオン伝導膜として用いた場合にアノードの水分乾燥を低減できる。また、架橋基が自ら伸縮や変形をしないばかりか、外部からの応力からの変形も受けないので、イオン交換ポリマー主鎖間に比較的大きな空間を作ることができる。この効果により、イオン交換ポリマー主鎖によるミクロブラウン運動やからみ合い運動や、あるいは構成部位のフリップ運動等の種々の分子運動により輸送中のイオンの進路が妨害される影響を抑制することができる(図4)。架橋剤の重合度 m は1~150であり、好適には1~120である。 m が150よりも大きい場合は高分子構造が三次元網目構造となり、溶剤に対して不溶化するので膜形成のための処理ができなくなる。

【0027】モノマーI~IVまでと架橋剤とによるイオン交換ドメインの重合度 n は10~10000であり、好適には20~8600である。 n が10000よりも大きくなるとキャスト膜を乾燥する際に溶剤を膜中に取り込んでしまうのでイオン輸送を妨げ、結果的にイオン伝導性を低下させる。また n が10より小さくなる場合には、膜の耐薬品性が低下してしまう。

【0028】モノマーI~IVまでと架橋剤とによるイオン交換ドメイン中におけるモノマーの繰返し方は、連続的でも非連続的でもよく、ブロック共重合形式でもランダム共重合形式でもよい。

【0029】本発明のイオン交換膜は、上記モノマーが形成する高分子主鎖が剛直なるトリビニルモノマーで架橋されたイオン交換樹脂から成るので、従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜における膜抵抗による大きな電気エネルギー損失が解消できる。このような効果を発揮するメカニズムとしては図3に示す本発明によるイオン交換膜のミクロ構造を参照して以下に説明する。膜マトリックス相中に含金属基の配列が幾重にも存在しており、(図3では例としてその内2列を示す)含金属基間は疎水結合で会合している。一方、イオン交換基は親水結合によりイオン交換基同士が比較的近い距離に存在し、さらに含金属基からの相互作用によりイオン交換基も配列している。このためにイオン伝導が、より大きい速度で起こる。また、3個の架橋基が存在する環状構造を有する剛直な架橋剤が用いられている。かかるタイプの架橋剤は、ポリマー主鎖間を一定距離に保持する効果を有するので、主鎖の分子運動やからみ合いによりイオン伝導が妨げられる影響を低減する効果を有する(図4)。これらの効果によって、従来のパーフルオロスルホン酸膜よりも大きいイオン伝導性を示すことが可能となる。また、疎水性を有する含金属基は、直接型メタノール燃料電池のイオン伝導膜として用いられた場合、膜中に浸透してくるメタノールを排除する効果を有するの

で、燃料電池の効率を増大させることも可能となる。

【0030】上記モノマーが形成する高分子主鎖が剛直なるトリビニルモノマーで架橋されたイオン交換樹脂を原料として、該樹脂溶液を基材上への流延して成膜(キャスト)する方法によりイオン交換膜を製造する。キャスト法はイオン交換樹脂を加熱溶解する必要がないので、熱履歴によるポリマー構造が酸化分解を受ける危険性を回避できるとともに、ポリマー溶液を通過することにより不純物を完全に除去することができる。また、膜の厚みやマクロ構造を均一にすることができる点でも樹脂を溶解してTダイから引き出す方法よりも優れている。

【0031】具体的にはまず、上記モノマーI~IVを架橋剤とを、重合開始剤とともに溶媒に混合溶解させて、重合開始温度まで反応溶液系を加熱し、所定時間攪拌して重合を促進させた後、反応生成物をろ過、煮沸、透析又は脱泡することにより、高分子化合物としてのイオン交換樹脂を得る。

【0032】共重合する際の各モノマーの混合モル比は、モノマーIが0.4~1.2に対してモノマーIIが0.2~1.0、好ましくは0.3~0.8である。モノマーIのモル比は好ましくは0.5~1.0であり、0.4より小さくなるとイオン交換ポリマー主鎖の成長が起こらずに、膜形成に必要な分子量に至らず、また、1.2より大きくなるとモノマーIのみが重合した沈殿が生じてしまい、目的とするイオン交換ポリマーが生成しない。モノマーIIのモル比は、0.2より小さくなると疎水領域と親水領域との結合ができなくなるので膜の強度が低下し、一方モル比が1.0より大きくなると反応系中に湿潤ゲルが生じてしまい、正常な攪拌が行われなくなる。

【0033】モノマーIIIの混合モル比は上記モノマーIのモル比に対して、0.3~1.3で、好適には0.6~1.0である。モノマーIIIのモル比が0.3より小さい場合は、イオン交換基の配列が困難となるので、膜のイオン伝導度が低下し、一方1.3より大きい場合は膜に加工した時に膜に亀裂が生じてしまい、膜形成ができない。

【0034】モノマーIVの混合モル比は上記モノマーIのモル比に対して、0.01~8.5であり、好適には0.3~6である。このモル比が0.01より小さい時にはイオン交換基の密度が小さくなるので良好なイオン伝導性を示さず、また、8.5より大きい場合は重合反応系からモノマーIVのみが重合した沈殿が生じるので設定したモノマー構成内容での共重合反応が起こらなくなる。

【0035】架橋剤の混合比は、上記モノマーIのモル比に対して0.001~4.0までのモル比範囲であり、好ましくは0.008~3.5の範囲である。0.001より小さい場合は重合反応時に架橋剤がポリマー主鎖に衝突する回数が減少するので架橋反応が起こら

ず、また、4.0よりも大きくなる場合は、架橋剤同士が重合したポリマーが海綿状に析出してしまうので、目的とするイオン交換ポリマー溶液は得られない。以上のように、これらの混合範囲外では製膜によって得られたイオン交換膜の強度が従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜の強度よりも低下する。

【0036】また、共重合反応する際のモノマー濃度は、モノマーIが10mg/ml～12g/mlであり、好ましくは40～9000mg/mlである。モノマーIが10mg/mlよりも小さい場合はイオン交換ポリマー主鎖にモノマーが全く導入されず、また、12g/mlよりも大きい場合は反応系が疎水相と親水相に分離してしまうので共重合反応が生じない。上記においてmg/mlは、各モノマーの仕込み重量(mg)をその時に使用した水と有機溶剤とからなる混合溶剤の総体積(ml)で除した値である(モノマーの体積は含まれず、溶剤のみの体積を示す)。

【0037】また、モノマーIIの仕込み濃度は1mg/ml～5g/mlであり、好適には80～4500mg/mlである。このとき1mg/mlよりも小さい濃度では、ポリマーの成長反応速度が低下するので目的とする時間内に適切な重合度を得ることができない。また5g/mlよりも大きい場合は、疎水性反応開始剤の均一分散を阻害するので、生成するポリマーの分子量分布が幅広くなり、より低分子領域のポリマーがキャスト膜形成を妨げてしまう。

【0038】モノマーIIIの濃度は6mg/mlから8g/mlであり、好ましくは、12～7000mg/mlである。6mg/mlよりも小さい場合は単分子がランダムに共重合するので配向相を形成せず、2g/mlよりも大きくなると親水性モノマーを反応溶液外に析出させてしまう。

【0039】モノマーIVの濃度は20mg/mlから10g/mlであり、好ましくは70～5000mg/mlである。20mg/mlよりも小さい場合は、連鎖移動反応速度が低下するので重合時間が非常に長くなり、一方5000mg/mlよりも大きい場合は、疎水性モノマーの疎水-疎水相互作用によって凝集沈殿を生じさせる。

【0040】架橋剤の仕込み濃度は0.05mg/ml～2g/mlであり、好ましくは0.08～1600mg/mlである。0.05mg/mlより小さい場合は、架橋反応が促進されず、また2g/mlより大きい場合は発生するラジカルを消失させてしまう。

【0041】上記モノマーI～IVを共重合させる際に用いる重合開始剤としては、疎水性開始剤及び親水性開始剤の混合系開始剤を用いることができる。疎水性開始剤としては、例えばアゾビスイソブチロニトリル、ベンゾイルパーオキシaid、ベンゾフェノン、過酸化- γ -ブチルなどが挙げられるが、これらに限定されるものではない。また親水性開始剤としてはペルオキソ二硫酸アンモニウム、ペルオキソ二硫酸カリウム、ペルオキソ二硫

酸ナトリウム、2,2-アゾビス[2-(2-イミダゾリン-2-イル)プロパン]二塩酸塩などが挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0042】上記疎水性重合開始剤の濃度は、モノマーI及びII及び架橋剤から成る疎水性化合物の全重量に対して0.01～23重量%であり、好適には0.05～19重量%である。0.01重量%よりも小さい場合は重合を開始させられる程のラジカルが発生しないので、重合反応が開始されず、一方23重量%よりも大きい場合は、重合速度が大き過ぎるので短時間内に高分子量に達してしまい、生成する高分子構造が無秩序に三次元網目構造を呈してしまう。これによりキャスト法を用いることは非常に困難となる。

【0043】上記親水性重合開始剤の濃度は、モノマーIII及びIVから成る親水性化合物の全重量に対して0.01～18重量%であり、好ましくは0.08～14重量%である。0.01重量%よりも小さいときは、溶剤中に溶解した酸素によりラジカルが消失し、一方18重量%よりも大きいと多量に発生するラジカルにより親水性ポリマーの分子構造が破壊されてしまう。

【0044】かかる共重合に用いる溶媒としては、水と非プロトン性溶媒との混合溶媒を用いる。その混合比としては、水の容積を1部としたときに非プロトン性溶媒を0.1部～30部容積比になるように調製する。特に非プロトン性溶媒の好ましい混合比としては0.5部～25部である。非プロトン性溶媒の混合比が0.1部より小さい場合は疎水性モノマーが沈殿してしまい共重合反応が起こらず、また、30よりも大きい時は親水性モノマーがゲル化するのみで疎水性モノマーがポリマー主鎖に導入されずに、分子量が膜形成に必要な値に到達しない。

【0045】このようにして得られたイオン交換樹脂の溶液の粘度は、2センチボイズ～60000センチボイズに調整され、好適には30センチボイズ～40000センチボイズである。2センチボイズより小さいときは樹脂中に多量の溶剤が残留してしまうのでイオン伝導性が低下し、60000センチボイズよりも大きい場合は溶液を乾燥する際に多量の気泡が発生してしまうので、イオン伝導性が低下する。調整には、回転粘度計、同心円筒型粘度計、毛管粘度計、落球粘度計、平行板圧縮型プラストメーターなどを用いることができる。

【0046】次いで、かかる粘度のイオン交換樹脂溶液を基材に流延して乾燥することにより、イオン交換膜を得ることができる。溶液を流延する基材としては、アルミニウム、スチール、ニッケルなどの金属や硝子あるいはセラミックスやプラスチック、ゴムなどを用いることができるが、これらに限定されるものではない。基材の形状としては板状、円盤状、フィルム状、金属箔状、ボール状、波板状、管状などが挙げられるが特にこれらに限定されず、また静置された状態でも等速度あるいは加

速度下にて直進、並進、回転、振幅等の運動を行うことにより目的とするイオン交換膜を連続生産することができる。

【0047】基材上の溶液温度分布における最高温度と最低温度との差は30℃以内でなければならない、好適には20℃以内である。温度分布差が30℃を越えるとポリマー溶液の乾燥速度が流延された面内で相違するので、乾燥速度が大きい部分にポリマーが凝集してしまい、膜厚が非連続的に不均一となるからである。

【0048】乾燥は、例えばキャスト基材をセラミックヒータ又は赤外線照射などを用いて加熱することにより行なうか、あるいはキャスト膜および基材を加熱又は非加熱状態で雰囲気を減圧することにより行なうか、キャスト膜と基材に加熱ロール間を通過させることにより行うことができる。

【0049】

【実施例】本発明を、次の実施例及び比較例により説明する。

実施例1

重合反応装置として、3つ口200mlセパラブルフラスコにオーバーヘッドスターラー、攪拌羽根付き攪拌棒、冷却器及び窒素導入管を装着したものを用いた。反応容器中に、モノマーIとしてジメチルエトキシビニルシラン2.27g (1.7×10^{-2} mol)、モノマーIIとしてスチレン1.95g (1.87×10^{-2} mol)、架橋剤としてシアヌル酸トリアリル0.0667g (2.68×10^{-4} mol)とアゾビスイソブチロニトリル0.06g、さらにベンゾイルパーオキシド0.10gをN,N-ジメチルホルムアミド8mlに溶解させたものを、疎水モノマー溶液とした。これとは別にモノマーII Iとしてアクリル酸1.1.26g (1.74×10^{-2} mol)、モノマーIVとして2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸2.77g (1.34×10^{-2} mol)、水4ml、ペルオキシ二硫酸アンモニウム0.066gを溶解したものを水溶性モノマー溶液としておく。反応容器内部を窒素雰囲気にし、疎水モノマー溶液を攪拌しながら親水モノマー溶液を滴下漏斗により徐々に滴下する。反応温度を室温から80℃まで上昇させ、4時間攪拌したところ、粘稠黄色なポリマー溶液が得られた。

【0050】得られたポリマー溶液を回転粘度計を用いてN,N-ジメチルホルムアミドを添加することによって、溶液粘度を100センチポイズに調整した。この溶液をロータリーエバポレーターを用いて脱泡した後、ガラスフィルターG2で不純物を除去した。

【0051】キャスト板は、セラミックヒータ、銅板、アルミ板が積層された平面構造のものを使用した。セラミックヒータの加熱と銅板の高い熱伝導性により、アルミ平面内温度を120℃±4℃に設定した。アルミ平面の所望面積領域へ、ポリマー溶液を流延した後、加熱乾

燥しながら溶媒を徐々に揮発させることによりキャスト膜を得た。得られたキャスト膜は相対湿度80%、温度20℃の恒温恒湿室中に12時間静置した後に金属ヘラを用いてアルミ板より剥離させて、イオン交換膜を得た。

【0052】実施例2

実施例1において、モノマーIとしてビニルトリフェニルシランを、モノマーIIとしてp-メチルスチレンを、モノマーIIIにアクリル酸エチルを、モノマーIVとしてビニルスルホン酸を、架橋剤に2,4,6-トリアリロキシ-1,3,5-トリアジンを各々以外は、実施例1と同様に行った。

【0053】実施例3

実施例1において、モノマーIにビニルトリエチルシランを、モノマーIIとしてビニルナフタレンを、モノマーIIIとしてメタクリル酸メチルを、モノマーIVとして2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸を、架橋剤としてトリアリル-1,3,5-トリアジン-2,4,6-(1H,3H,5H)-トリオンを各々用いた以外は、実施例1と同様に行った。

【0054】実施例4

実施例1において、モノマーIとしてビニルトリス(2-メトキシエトキシ)シランを、モノマーIIとしてビニルピリジンを、モノマーIIIにトリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアナートを、モノマーIVとしてp-スチレンスルホン酸を、架橋剤としてトリス[2-(アクリロイロキシ)エチル]イソシアナートを各々用いた以外は、実施例1と同様に行った。

【0055】比較例1

商品名Nafion(パーフルオロアルキルスルホン酸膜)をイオン交換膜とした。

【0056】

【試験例】上記実施例1~4及び比較例1で得られたイオン交換膜の性能を、以下の試験に供した。

【0057】膜のイオン伝導性は次の方法により測定した。

(1) イオン伝導性の測定

a. 電気伝導度測定用セルの作製

a.1 白金電極の作製

セルとしては、その中央部に貫通した液だめ(縦0.5cm×横1.0cm×高さ1.0cm)を有するテフロン板(立て3.5cm×横4.5cm×高さ1.0cm)2枚を用いた。電極として、白金箔(厚み、0.30mm)を0.5cm×2.0cmにカットし、両面テープでテフロン板液だめの0.5cm辺と白金箔の0.5cmの辺が正確に一致するように貼り付けた。電極の液だめ側の端から0.7cmの位置に保護テープを貼り、電極面積が0.35cm²となるようにした。

【0058】a.2 白金黒のめっき

白金電極の表面積を大きくするために、次の手順により白金電極表面に白金黒をめっきした。1/40Nの塩酸

30mlに酢酸鉛($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 0.008g及び塩化白金酸($\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 1gを溶解させたものをめっき液とした。このめっき液中に上記a. 1で作製した白金電極付テフロン板を1個ずつ浸し、浴電圧3.0V、電流14mA、電流密度40mA/cm²となるように、直流電圧電流発生装置(アドバンテストR1644)をセットした。2電極を交互に少しずつめっきするために、約1分ごとに装置側の+-の設定スイッチを入れ換えることにより電極の+-を交換する操作を50分間続けた。その後、2電極を蒸留水で洗浄し、10%希硫酸中、白金黒電極を-に、また別の新しい白金電極を+にして10分間3Vの電圧をかけることにより、メッキ液や吸着した塩素を除去した。最後に蒸留水で電極をよく洗浄し、蒸留水中に保存した。

【0059】b. 交流法(コール・コールプロット)による電気伝導度測定

各イオン交換膜は、上記a.で作製したセルの液だめと白金黒電極を覆う大きさ15mm×12mm)にカットし、2枚のテフロン板間に挟んだ後、膜の両側の液だめに0.03N塩酸を約0.3ml入れ、塩酸が膜の両側から膜全体を覆うようにした。セルをスタンドに固定し、白金黒電極をソーラトロン・インピーダンス/ゲイン・フェイスアナライザーSI 1260に接続し、交流電流を高周波側から低周波側へ電流の周波数を小さくしながらナフィオン膜に流した。この時の抵抗値を実数軸及び虚数軸に対してプロットした(コール・コールプロット)。一般的に、この場合グラフは、高周波側で半円を描いた後低周波側では右上がりの直線の形となる。この半円の直径がサンプルの抵抗を表わしている。本測定においては、この半円の半径を見積り、その値から再生ナフィオン膜-H型の電気伝導度を計算した。この測定によって膜抵抗を得ることができる。膜中で電流が流れる距離は、セルの構造上0.5cmである。従って膜の電気伝導度は次の式により求められる。

イオン伝導度=電極間距離/[膜断面積×抵抗](W-1・cm⁻¹)=0.5(cm)/[1.0(cm)×膜厚(cm)×膜抵抗(W)]

【0060】図5に従来のパーフルオロスルホン酸膜と本発明によるイオン交換膜のイオン伝導度を示した。本発明によるイオン交換膜のイオン伝導度はパーフルオロスルホン酸膜の場合の2倍大きい結果となっており、イオン伝導性の著しい改善が可能となったことを示している。

【0061】(2) 力学的相対強度の測定

(a) アクリル酸の重合度との関係

実施例1で得られるポリマーにおいて、アクリル酸の重合度を変化させた時の引っ張り試験における力学的相対強度を図6に示した。引っ張り試験は、幅10mm、長さ150mmの長方形サンプルを、引っ張り試験機で、チャ

ック間距離100mm、引っ張り速度5mm/秒にて試験する際、サンプルが破断したときの応力をサンプル断面積で除した引っ張り強度をF_xとすると、

力学的相対強度=F₁/F₂

F₁: 本実施例により作製したサンプルの引っ張り強度

F₂: 従来膜(パーフルオロアルキルスルホン酸膜: 商品名 Nafion) (比較例)の引っ張り強度

により定義される値とした。その結果、図6に示すようにアクリル酸の重合度が600を越えると急激に力学的相対強度が低下することが明らかとなった。

【0062】(b) モノマーIIIのモル比との関係

実施例1で得られるポリマーの重合を行う際の「仕込みモル比」において、カルボン酸誘導体系モノマーのモル比を変化させた時の力学的相対強度を、図7に示す。力学的相対強度は上記(a)の方法と同様にして測定した。

【0063】(c) 架橋剤のモル比との関係

実施例1で得られるポリマーの共重合反応を行う際の架橋剤の「仕込みモル比」と、得られたイオン交換膜の力学的相対強度を調べた結果を、図8に示す。力学的相対強度は上記(a)の方法と同様にして測定した。架橋剤の「仕込みモル比」が0.001~4.0までの範囲では従来の強度よりも大きかったが、この範囲以外では強度がより低下したので、この範囲が適切であることがわかった。

【0064】(3) 膜形成限界分子量相対値の測定

本発明のイオン交換樹脂のキャスト溶液からキャスト膜の調製をする際に、膜形成能を示す最低の重量平均分子量をM₁とした場合に、本発明における重合方法によって得られる共重合体の重量平均分子量をM₂として、膜形成限界分子量相対値

M_2/M_1 = 膜形成限界分子量相対値
で規定する。

【0065】(a) モノマーIとの関係

実施例1における共重合反応において、含金属モノマー(モノマーI)の「仕込み濃度」と膜形成限界分子量相対値との関係をゲルパーミュエーションクロマトグラフィーによりN,N-ジメチルホルムアミドを溶媒として、試料濃度3mg/ml、流速2ml/分、カラム温度70℃、ポリスチレン分子量換算法により求めた。その結果を図9に示す。含金属モノマーの「仕込み濃度」が10mg/mlから12000mg/mgの範囲では膜形成限界分子量相対値が1.0よりも大きく、膜形成能を示すが、この範囲以外ではイオン交換膜を調製することができなかった。

【0066】(b) モノマーIIとの関係

共重合反応時に用いる混合溶媒において、水を一部(容量)とした時に非プロトン性溶媒の容積比を変化させて、生成するポリマーの分子量に関して、膜形成限界分子量相対値を調べた結果を図10に示した。非プロトン

性溶媒の容積比が水に対して0.1~30の場合に、膜形成可能な分子量が得られることが明らかとなった。

【0067】(4) イオン伝導度相対値の測定

従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜(商品名: Nafion (デュボン社製))のイオン伝導度をI-1、また本発明によって得られたイオン交換膜のイオン伝導度をI-2として、

$$I-2/I-1 = \text{イオン伝導度相対値}$$

で規定する。実施例1におけるキャスト膜調製時のポリマー溶液粘度と、イオン伝導度相対値との関係を調べた結果を、図11に示す。ポリマー溶液粘度が2センチボイズ~60000センチボイズの範囲内でイオン伝導度相対値が1.0以上になっており、これらの粘度範囲内の溶液から調製したイオン交換膜のイオン伝導性が、従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜よりも大きい値を示した。

【0068】(5) メタノール透過度の測定

実施例1~4までに得られたイオン交換膜(厚み180ミクロン)をガラス透析容器に挟持することによって透析相1と透析相2の2つの相に分割した。それぞれの相は開放しておき、透析相1中に3重量%のメタノール水溶液を一定量入れた。この容積と同一量の水を透析相2に入れ、両相とも攪拌羽根を用いて100回転/分の回転速度で相内部を攪拌した。

【0069】透析開始から24時間後、相1から相2へ浸透してきたメタノールを一定量採取し、ガスクロマトグラフィーによりメタノール量を定量した。パーフルオロアルキルスルホン酸膜(厚み180ミクロン)を用いて測定したときのメタノール量をMfとし、実施例n(n=1~4)により得られた膜を用いたときのメタノール量をMnとしたとき、 Mn/Mf の値を用いることによってメタノール透過度を評価した。

【0070】その結果、実施例1~4で得られた膜のメタノール透過度は従来のパーフルオロスルホン酸膜(商品名: Nafion (デュボン社製))の場合よりも15%程度低く、本発明によるイオン交換膜が優れたメタノールバリアー性を有していることが明らかとなった。(図12)。

【0071】

【発明の効果】本発明により得られた4種の系統のモノマーが共重合したイオン交換ポリマー主鎖を剛直な架橋剤を用いて架橋した高分子構造を有するイオン交換膜は、従来のパーフルオロスルホン酸膜とは異なり電気抵抗損失を小さくすることができた。これにより、固体高

分子型燃料電池や電気化学式センサーあるいはフラットパネルのイオン伝導素子など多くの分野での電気エネルギー損失を低減することを可能にする。

【0072】特に本発明によるイオン交換膜は、メタノールバリアー性が大きいので、直接メタノール型燃料電池に用いた場合に、メタノールがアノード側から浸透してカソード側で酸素還元反応を阻害することにより発生する発電効率の低下を防ぐこともできる。

【0073】また、従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜はフッ素系のモノマーを原料としているため、単位面積当たりの価格が高騰してしまうが、本発明によるイオン交換膜は炭化水素系のモノマーを用いているので従来膜よりも非常に安価なものである換膜を提供できる。さらに、焼却廃棄の際にフッ化水素を発生しないので、環境にも十分配慮されたものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来のパーフルオロスルホン酸膜の構造を説明する図である。

【図2】 従来のパーフルオロスルホン酸膜中のマイクロ構造を説明する図である。

【図3】 本発明のイオン交換膜のマイクロ構造における含金属イオン基によるスルホン酸基の配向性誘発の状況を説明する図である。

【図4】 堅固な構造を有する架橋剤のイオン伝導に寄与するプロセスを概略的に説明する図である。

【図5】 従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜と本発明のイオン交換膜とのイオン伝導性を示す図である。

【図6】 カルボン酸誘導体系膜の重合度と力学的相対強度との関係を示した図である。

【図7】 カルボン酸誘導体系モノマーのモル比と力学的相対強度との関係を示した図である。

【図8】 共重合時における架橋剤のモル比と力学的相対強度との関係を示した図である。

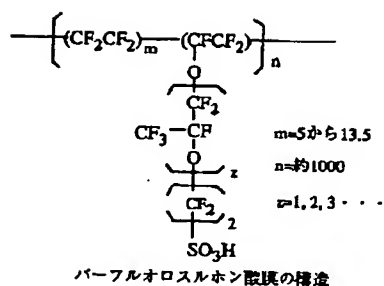
【図9】 含金属系モノマーの仕込み濃度と膜形成限界分子量相対値との関係を示した図である。

【図10】 非プロトン性溶媒の容積比と膜形成限界分子量相対値との関係を示した図である。

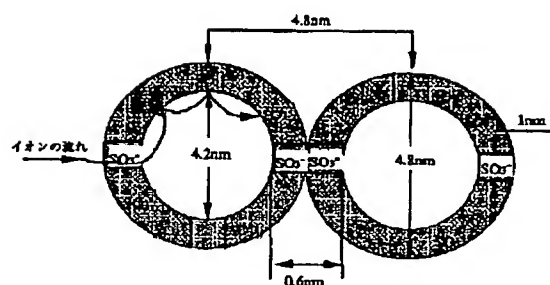
【図11】 キャスト膜調製時におけるポリマー溶液粘度とイオン伝導性との関係を示した図である。

【図12】 従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜と本発明によるイオン交換膜のメタノール透過性を示す図である。

【図1】

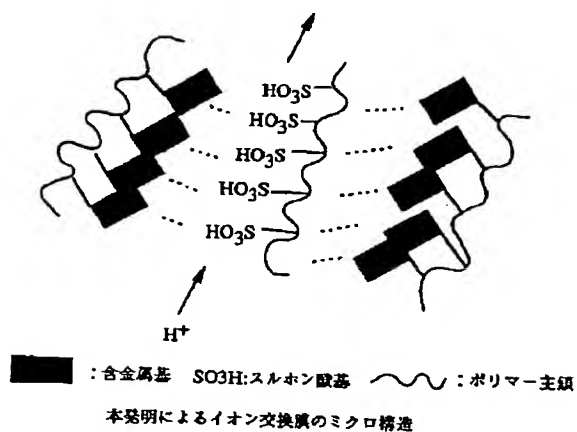


【図2】

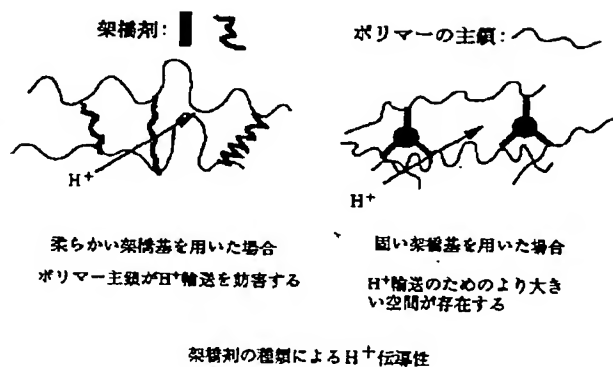


ナフイオン膜中のクラスター構造

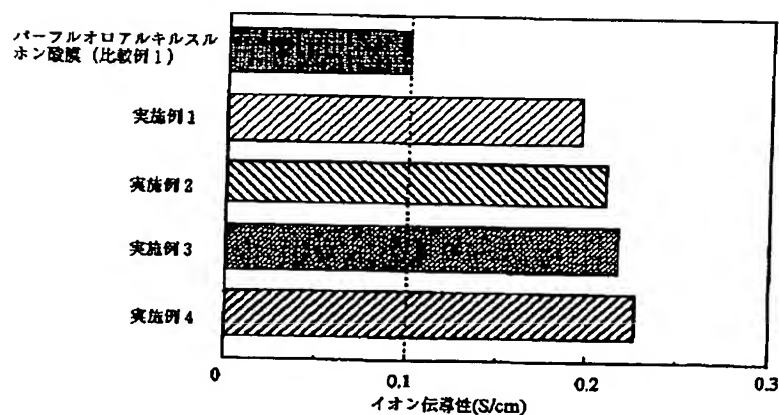
【図3】



【図4】

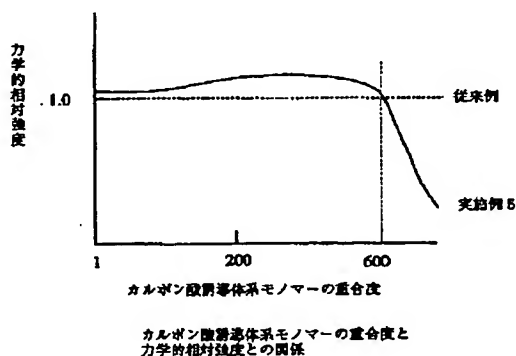


【図5】

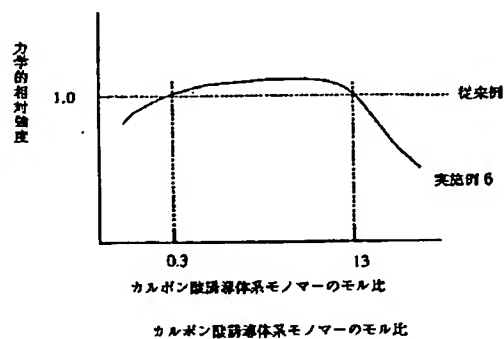


従来のパーフルオロアルキルスルホン酸膜と本発明によるイオン伝導性の比較

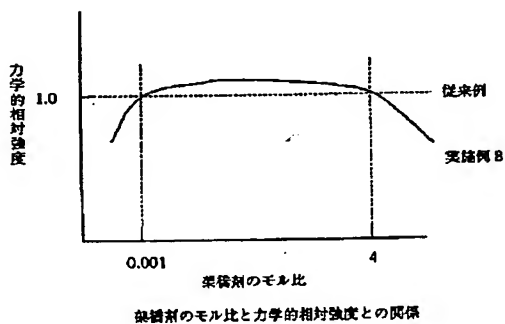
【図6】



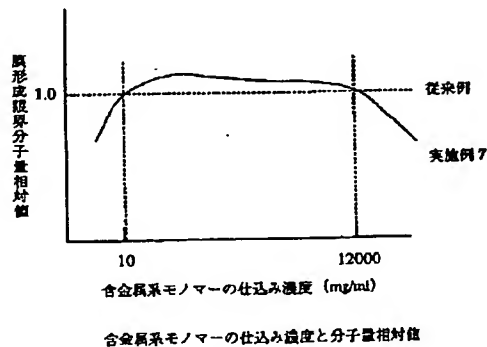
【図7】



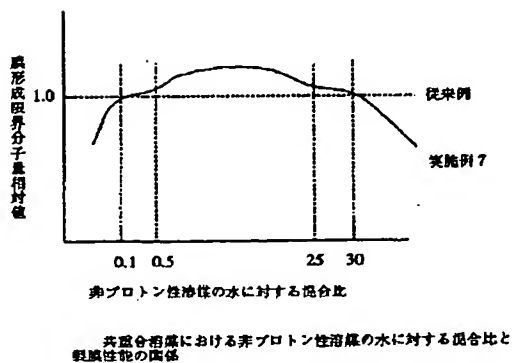
【図8】



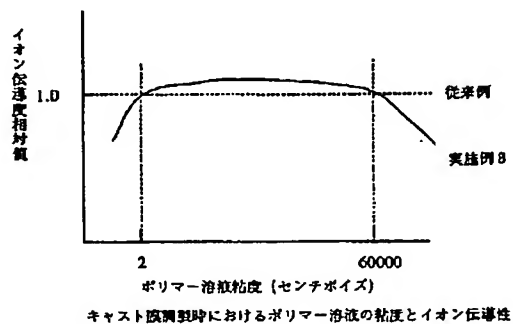
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

